

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2<sup>nd</sup>. Semester Examination  
2003/2004 Academic Session  
*Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2003/2004*

February / March 2004

**EAS 563/4 – Structural Stability and Dynamics**  
*EAS 563/4 – Kestabilan dan Dinamik Struktur*

Duration: 3 hours  
*Masa : 3 jam*

---

**Instructions to candidates:**

1. Ensure that this paper contains **TEN (10)** printed pages including appendices before you start your examination.  
*Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi **SEPULUH (10)** muka surat bercetak termasuk lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.*
2. This paper contains **FIVE (5)** questions. Answer **ALL (5)** questions.  
*Kertas ini mengandungi **LIMA (5)** soalan. Jawab **SEMUA (5)** soalan.*
3. All questions **CAN BE** answered in English or Bahasa Malaysia or combination of both languages.  
*Semua soalan boleh dijawab dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia ataupun kombinasi kedua-dua bahasa.*
4. Each question **MUST BE** answered on a new page.  
*Tiap-tiap soalan **MESTILAH** dijawab pada muka surat yang baru.*
5. Write the answered question numbers on the cover sheet of the answer script.  
*Tuliskan nombor soalan yang dijawab di luar kulit buku jawapan anda.*

1. (a) One important feature that distinguishes a structural dynamics problem from that of a static one is the existence of inertial force. By using a SDOF model, explain what inertial force is and its effect on the structural system.

(8 marks)

*Satu ciri mustahak yang membezakan masalah struktur dinamik dari masalah statik adalah kewujudan daya sifatekun. Dengan menggunakan satu model SDOF, terangkan maksud daya sifatekun dan kesannya ke atas sistem struktur.*

- (b) The weight  $W$  of the girder in the building frame shown in Figure 1 below has been estimated to be about 100kN. The two supporting columns are to be modeled as flexible member with values of  $E$ ,  $I$  and  $\bar{m}$  as indicated. A machine rotating at 60 rpm produces an unbalanced force  $F(t)$  with amplitude 0.9kN. Determine maximum stress in the column due to bending during steady-state phase of response. Consider the effect of axial force on the lateral stiffness of column. Assume that damping in the structure is equal to 5% of critical damping and weight of girder is carried equally by the two columns.

(12 marks)

*Berat galang  $W$  dalam kerangka bangunan yang ditunjukkan dalam Rajah 1 dianggarkan sebagai lebih kurang 100kN. Kedua tiang penyokong akan dimodel sebagai anggota boleh-lentur dengan nilai  $E$ ,  $I$  and  $\bar{m}$  seperti yang ditunjukkan. Satu mesin yang berputar pada kelajuan 60 rpm menghasilkan daya tak-seimbang  $F(t)$  dengan amplitude 0.9kN. Kira tegasan maksima dalam tiang akibat lenturan dalam fasa sambutan keadaan mantap. Pertimbangkan kesan daya paksi ke atas kekukuhan sisi tiang. Anggap bahawa redaman dalam struktur sama dengan 5% daripada redaman kritikal dan berat galang diambil sama rata oleh kedua tiang.*

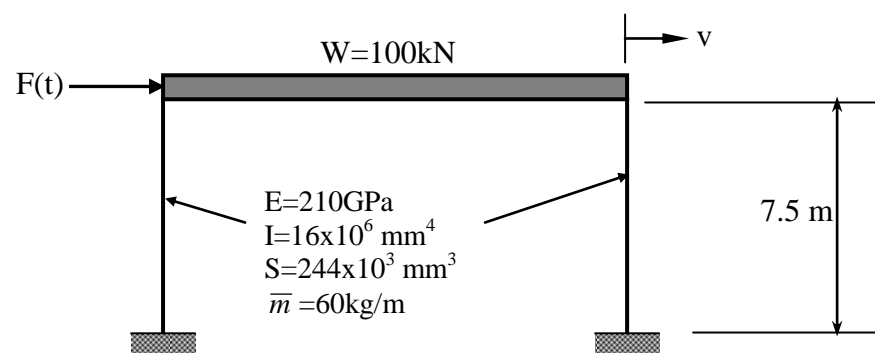


Figure 1

2. (a) Figure 2 shows a system subjected to step force with finite rise time. The displacement response during the constant phase is given by the following equation:

constant phase:

$$v(t) = v_0 \left\{ 1 + \frac{1}{\omega t_r} \left[ A \sin(\omega(t - t_r) + \alpha) \right] \right\}$$

$$A = \sqrt{(1 - \cos \omega t_r)^2 + (\sin \omega t_r)^2}, \quad \tan \alpha = -\frac{\sin \omega t_r}{(1 - \cos \omega t_r)}$$

where  $\omega$  : natural circular frequency of the system and  $v_0$  : static displacement due to  $p_0$ . Show that  $v_{max}/v_0$  depends only on the ratio  $t_r/T_n$  where  $v_{max}$  : maximum response and  $T_n$  : natural period of vibration.

(12 marks)

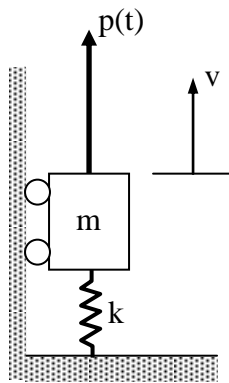
*Rajah 2 menunjukkan satu sistem yang dikenakan daya langkah dengan masa kenaikan yang terhingga. Persamaan sambutan anjakan semasa fasa malar adalah seperti berikut:*

*iaitu  $\omega$  : frekuensi bulatan tabii sistem dan  $v_0$  : anjakan statik yang disebabkan oleh  $p_0$ . Tunjukkan bahawa  $v_{max}/v_0$  hanya bergantung kepada nisbah  $t_r/T_n$  iaitu  $v_{max}$  : sambutan maksima dan  $T_n$  : kala getaran tabii.*

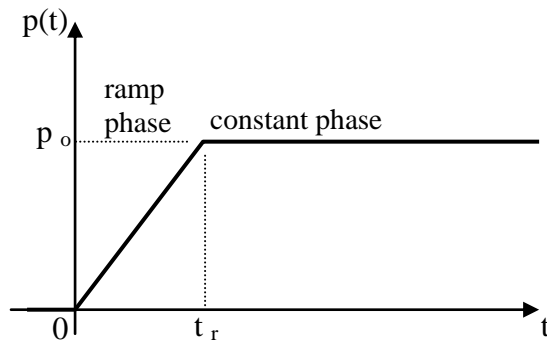
*fasa malar:*

$$v(t) = v_0 \left\{ 1 + \frac{1}{\omega t_r} \left[ A \sin(\omega(t - t_r) + \alpha) \right] \right\}$$

$$A = \sqrt{(1 - \cos \omega t_r)^2 + (\sin \omega t_r)^2}, \quad \tan \alpha = -\frac{\sin \omega t_r}{(1 - \cos \omega t_r)}$$



(a)



(b)

Figure 2

2. (b) The water tower as shown in Figure 3 weighs 600kN when full with water. It is found from a test that a horizontal force of 37.5kN is required to displace the tower horizontally by an amount of 25mm. By considering the water tower as SDOF system, estimate the maximum lateral displacement due to each of the two dynamic force as shown in Figure 4 without any “exact” dynamic analysis. Instead, use the information provided in Figure 5.

(8 marks)

Menara air yang ditunjukkan dalam Rajah 3 mempunyai berat 600kN apabila dipenuhi dengan air. Daripada ujian, didapati bahawa satu daya ufuk 37.5kN diperlukan untuk menganjakan menara berkenaan dalam arah ufuk sebanyak 25mm. Dengan mempertimbangkan menara air berkenaan sebagai satu sistem SDOF, anggarkan anjakan sisi maksima yang disebabkan oleh dua daya dinamik seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4 tanpa melakukan sebarang analisis dinamik yang “tepat”. Gunakan maklumat yang dipaparkan dalam Rajah 5.

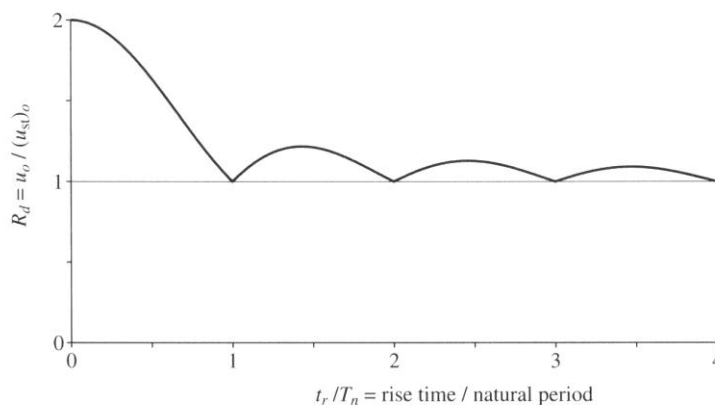
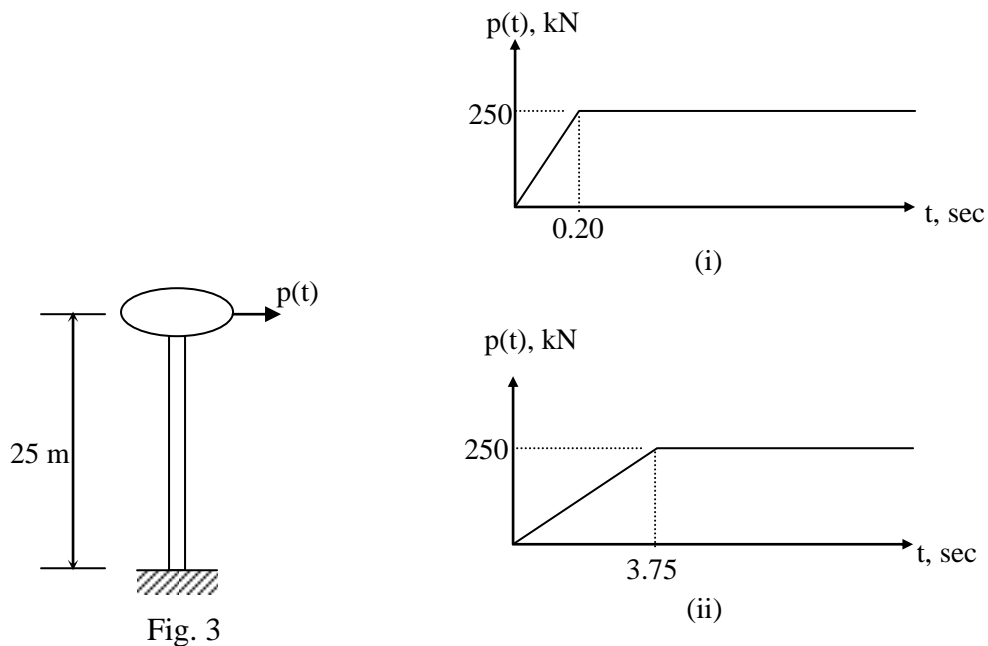


Fig. 5

3. (a) Response due to an arbitrary impulsive loading could be divided into two phases, Phase I and Phase II, as shown in Figure 6. Write down the general equation representing the displacement response in each phase and describe briefly how constants in the equations are determined. Explain clearly each symbol used. (8 marks)

*Sambutan akibat satu beban dedenyut sembarangan boleh dibahagikan kepada dua fasa, Fasa I dan Fasa II, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6. Tuliskan persamaan umum yang mewakili sambutan anjakan dalam setiap fasa dan terangkan secara ringkas cara pemalar dalam persamaan ditentukan. Terangkan dengan jelas setiap simbol yang digunakan.*

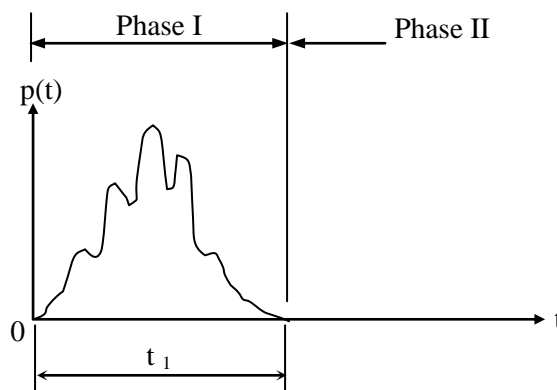


Figure 6

3. (b) Figure 7 shows a building frame which is subjected to an impulsive acceleration  $a(t)$  of the type shown in Figure 8 at the column bases ( $g = 9.81\text{m/s}^2$ ). By making use of the shock spectra shown in Figure 9, determine the maximum shear force and bending moment developed in the column.

(12 marks)

Rajah 7 menunjukkan satu kerangka bangunan yang dikenakan satu pecutan dedenyut  $a(t)$  dalam jenis seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 8 pada dasar tiang ( $g=9.81\text{m/s}^2$ ). Dengan menggunakan “shock spectra” yang ditunjukkan dalam Rajah 9, tentukan daya ricih dan momen lentur maksima yang terhasil dalam tiang.

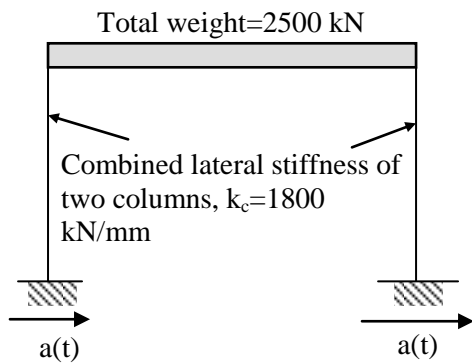


Figure 7

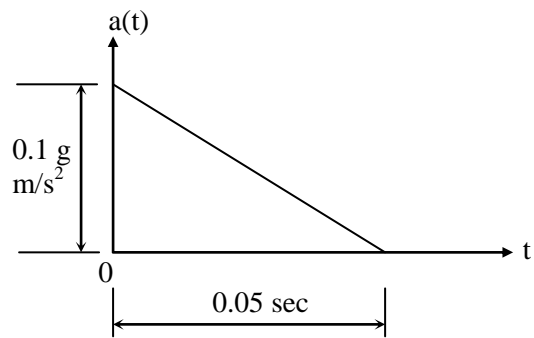


Figure 8

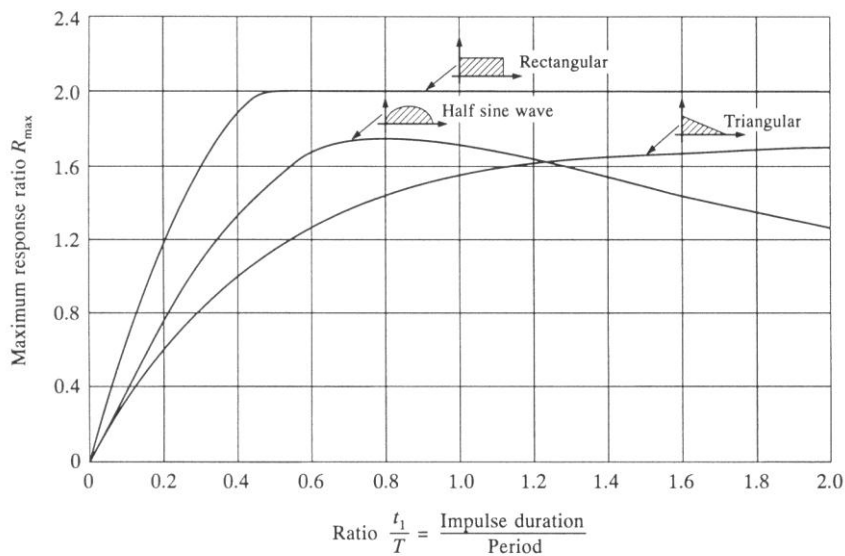


Figure 9

4. (a) By using an axially loaded straight column with both ends pinned, explain the concepts of stable, unstable and neutral equilibrium.

(8 marks)

*Dengan menggunakan satu tiang lurus dengan dua hujung disokong dengan pin yang dikenakan beban paksi, terangkan konsep stabil, tak-stabil dan keseimbangan neutral.*

- (b) Figure 10 shows an initial straight column subjected to an axial load  $P$  which acts at an eccentricity  $e$  from the centroidal axis of the column. Obtain the following relation between midheight deflection  $\delta$  and ratio  $P/P_E$  where  $P_E$  : Euler buckling load  $= \pi^2 EI/L^2$  :

$$\delta = e \left[ \sec \left( \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{P_E}} \right) - 1 \right]$$

Sketch a plot of  $P/P_E$  versus  $\delta$  for three different values of  $e$ .

(12 marks)

*Rajah 10 menunjukkan satu tiang yang lurus pada asalnya dikenakan beban paksi  $P$  yang bertindak pada kesipian  $e$  dari paksi sentroid tiang. Terbitkan persamaan berikut yang menghubungkan pesongan pada tengah rentang  $\delta$  dan nisbah  $P/P_E$  di mana  $P_E$  : beban lengkuk Euler  $= \pi^2 EI/L^2$  :*

$$\delta = e \left[ \sec \left( \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{P_E}} \right) - 1 \right]$$

*Lakarkan satu plot  $P/P_E$  lawan  $\delta$  untuk tiga nilai  $e$  yang berbeza.*

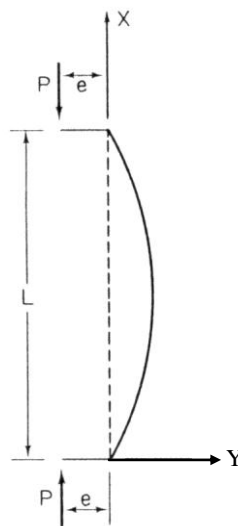


Figure 10

5. (a) Derive the following fourth order differential equation for beam-column:

$$y'''' + k^2 y'' = 0, \quad k^2 = \frac{P}{EI}$$

where  $y$  : lateral displacement of beam-column,  $P$  : axial force acting at both ends of beam-column,  $EI$  : flexural rigidity and  $(\dots)' = d(\dots)/dx$ .

(8 marks)

*Terbitkan persamaan pembeza darjah empat untuk rasuk-tiang yang ditunjukkan di bawah:*

$$y'''' + k^2 y'' = 0, \quad k^2 = \frac{P}{EI}$$

*di mana  $y$  : anjakan sisi rasuk-tiang,  $P$  : daya paksi yang bertindak pada kedua hujung rasuk-tiang,  $EI$  : ketegaran lenturan dan  $(\dots)' = d(\dots)/dx$ .*



5. (b) A simple two-bar frame is shown in Figure 11. A load  $P$  acts at end B of vertical member AB. Both supports A and C are fixed. Obtain the effective length  $L_e$  for the two-bar frame by using the following equation for an elastically restrained column:

$$(1 - \lambda_1 - \lambda_2 - \lambda_1 \lambda_2 \Phi^2) \Phi \sin \Phi + (2 + \lambda_1 \Phi^2 + \lambda_2 \Phi^2) \cos \Phi - 2 = 0$$

where  $\lambda_1 = EI/(\alpha_1 L)$ ,  $\lambda_2 = EI/(\alpha_2 L)$ ,  $\Phi = kL$ ,  $k^2 = P/EI$ ,  $EI$  : flexural rigidity,  $L$  : length of column,  $\alpha_1$  : rotational stiffness of end 1 and  $\alpha_2$  : rotational stiffness of end 2. Justify your solution for the effective length obtained by using information provided in Table 1 (see Appendix 1).

(12 marks)

*Satu kerangka mudah dengan dua anggota ditunjukkan dalam Rajah 11. Satu beban  $P$  bertindak pada hujung B anggota pagak AB. Kedua-dua penyokong A dan C adalah jenis tegar. Dapatkan panjang berkesan  $L_e$  untuk kerangka dua-anggota dengan menggunakan persamaan untuk tiang yang dikekang secara anjal seperti yang ditunjukkan di bawah :*

$$(1 - \lambda_1 - \lambda_2 - \lambda_1 \lambda_2 \Phi^2) \Phi \sin \Phi + (2 + \lambda_1 \Phi^2 + \lambda_2 \Phi^2) \cos \Phi - 2 = 0$$

*di mana  $\lambda_1 = EI/(\alpha_1 L)$ ,  $\lambda_2 = EI/(\alpha_2 L)$ ,  $\Phi = kL$ ,  $k^2 = P/EI$ ,  $EI$  : ketegaran lenturan,  $L$  : panjang tiang,  $\alpha_1$  : kekukuhan putaran hujung 1 dan  $\alpha_2$  : kekukuhan putaran hujung 2. Beri justifikasi kepada jawapan yang telah diperolehi untuk panjang berkesan yang diperolehi dengan merujuk kepada maklumat yang diberikan dalam Jadual 1 (lihat Lampiran 1).*

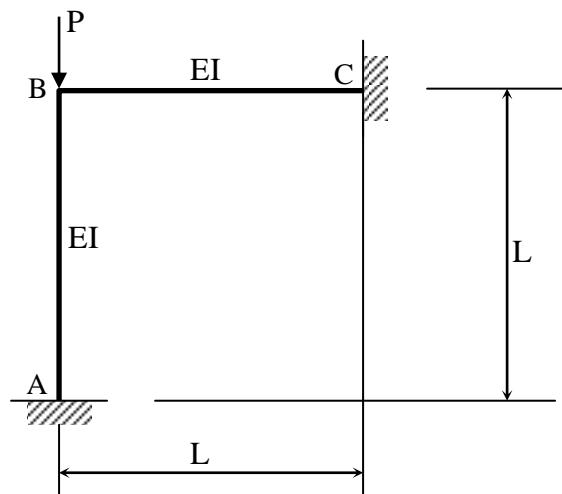


Figure 11

**APPENDIX**